

Tinjauan Metode Identifikasi Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antimikroba Umbi-Umbian di Indonesia

[Review of Secondary Metabolite Identification Methods and Antimicrobial Activities of Tubers in Indonesian]

Dzikri Anfasa Firdaus, Eka Wijayanti, Roch Galih Saktya Candraningrum*

Program Studi Teknologi Pangan, Fakulta Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

* Email korespondensi: roch.galih@untirta.ac.id

ABSTRACT

*The activity of inhibiting bacterial growth has been extensively studied from various natural materials in Indonesia. One part of plants which contains active compounds that inhibit bacterial growth is local tubers such as gadung, sweet potatoes, porang, suweg, and several other types of tubers. The bacterial inhibitory secondary metabolite compounds contained in tubers like saponins, tannins, quinones, flavonoids, alkaloids, and phenols. These compounds exhibit antibacterial activity in the form of inhibition zone diameters against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella sp.* The 15% methanol extract of *Angiotepriis sp.* tubers, containing flavonoid and phenolic compounds, exhibited the best inhibition zone diameter against *Staphylococcus aureus*, measuring 28.4 mm. This article explains the differences in bacterial inhibition activity demonstrated by 13 types of tubers, with a total of 79 variations in extraction treatments, including the concentrations and solvents used.*

Keywords: antibacterial, secondary metabolites, tubers, inhibitors, inhibition zone

ABSTRAK

Aktivitas penghambatan pertumbuhan bakteri telah banyak dipelajari dari beragam bahan alam asli Indonesia. Salah satu bagian tumbuhan yang mengandung senyawa aktif penghambat pertumbuhan bakteri adalah umbi-umbian lokal seperti gadung, ubi jalar, porang, suweg, dan beberapa jenis umbi-umbian lainnya. Senyawa metabolit sekunder penghambat bakteri yang terkandung dalam umbi-umbian misalnya saponin, tanin, kuinon, flavonoid, alkaloid, dan fenol. Senyawa-senyawa tersebut menunjukkan aktivitas antibakteri berupa diameter zona hambat terhadap *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, hingga *Salmonella sp.* Ekstrak metanol 15% umbi tanaman hati tanah (*Angiotepriis sp.*) yang mengandung senyawa flavonoid dan fenol menunjukkan diameter zona penghambatan terbaik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* seluas 28,4 mm. Artikel ini menjelaskan perbedaan aktivitas penghambatan bakteri yang ditunjukkan oleh 13 jenis umbi-umbian dengan total 79 perbedaan perlakuan ekstraksi beserta konsentrasi dan bahan pelarut yang digunakan.

Kata kunci: antibakteri, metabolit sekunder, umbi, penghambat, zona hambat

Pendahuluan

Penyakit infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen, terutama bakteri, terus menjadi ancaman kesehatan masyarakat global yang signifikan. Bakteri seperti *Escherichia coli* (*E. coli*) patogen, termasuk strain Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC), dan Enteropathogenic *E. coli* (EPEC), bertanggung jawab atas penyakit serius mulai dari diare akut hingga komplikasi sistemik (Mare et al., 2021). Selain itu, *Staphylococcus aureus* sering menjadi penyebab infeksi nosokomial dan infeksi komunitas yang resisten antibiotik (Salam et al., 2023), sementara *Salmonella spp.* dikenal luas sebagai agen penyebab tifoid dan gastroenteritis (O'Neill et

al., 2024; Wilson & Wilson, 2021). Pemahaman mendalam tentang patogenesis dan epidemiologi bakteri-bakteri ini sangat penting untuk mengembangkan strategi pencegahan dan penanganan infeksi yang efektif.

Resistensi antibiotik oleh patogen telah menjadi masalah krusial yang mengancam efektivitas terapi infeksi, berdampak signifikan pada morbiditas dan mortalitas global (Chinemerem et al., 2022). Munculnya bakteri resisten antibiotik dengan spektrum resistensi luas (MDR/XDR/PDR) semakin memperjelas urgensi untuk mengembangkan strategi pengendalian infeksi baru (Mohammed et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam penemuan agen antimikroba dari sumber daya alam dan bahan alami, yang berpotensi menawarkan alternatif lebih aman dengan mekanisme kerja beragam, serta lebih ramah lingkungan dalam melawan ancaman resistensi ini.

Pemanfaatan sumber daya alam dari umbi-umbian, yang kaya akan metabolit sekunder, menawarkan alternatif menjanjikan dalam penemuan agen antimikroba baru (Keita et al., 2022). Metabolit sekunder adalah senyawa bioaktif non-esensial, umumnya berasal dari tanaman yang muncul sebagai mekanisme pertahanan dari cekaman biotik dan abiotik (Al-Khayri et al., 2023). Senyawa ini memiliki dampak signifikan dalam bidang farmakologi karena aktivitas biologisnya yang beragam, termasuk antimikroba, anti-inflamasi, dan antikanker (Twaij dan Hasan, 2022). Penelitian menunjukkan umbi bengkoang (*Pachyrhizus erosus*), dahlia (*Dahlia variabilis*), kembang sunsang (*Gloriosa superba* Linn.), dan wortel (*Daucus carota* L.) mengandung flavonoid, fenolik, tanin, alkaloid, terpenoid, dan saponin dengan aktivitas antimikroba kuat (Suharyanisa et al., 2023; Harnis, 2023; Widianingsih et al., 2021; Putri et al., 2022).

Meskipun potensi umbi-umbian sebagai sumber agen antimikroba alami telah banyak diteliti, literatur yang ada masih bersifat terpisah. Belum ada tinjauan komprehensif secara sistematis yang mengintegrasikan dan menganalisis data profil metabolit sekunder pada berbagai umbi, serta mengaitkannya dengan pertumbuhan dari jenis-jenis bakteri yang dapat dihambat oleh aktivitas antimikroba. Selain itu, informasi mengenai metode identifikasi metabolit sekunder dan uji aktivitas antimikroba pada penelitian umbi juga belum tersintesis jelas dalam satu sumber. Keterbatasan pengetahuan ini menghambat pemahaman menyeluruh terkait potensi umbi-umbian sebagai sumber daya baru agen antimikroba dan menyulitkan peneliti dalam memilih metode yang tepat untuk karakterisasi dan pengujian.

Tujuan dari tinjauan literatur ini adalah untuk mensintesis dan menganalisis secara kritis data-data penelitian terkini mengenai profil metabolit sekunder dari berbagai umbi-umbian di Indonesia, mengidentifikasi jenis bakteri patogen yang dapat dihambat pertumbuhannya oleh umbi tersebut, serta mengulas metode identifikasi senyawa bioaktif dan uji aktivitas antimikroba yang relevan.

Bahan dan metode

Artikel ini ditulis menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan scoping review. Pendekatan ini merujuk pada kerangka kerja yang dikembangkan oleh Arksey & O'Malley (2005), yang mendefinisikan scoping review sebagai suatu metode untuk menelusuri dan mengeksplorasi literatur secara komprehensif dari berbagai sumber dan jenis metodologi penelitian yang relevan dengan topik kajian. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk mengidentifikasi, memilah, dan mensintesis temuan-temuan dari literatur yang memiliki kesamaan tema, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang menyeluruh terhadap pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya.

Tahapan pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran artikel ilmiah pada dua platform utama, yaitu Google Scholar dan ResearchGate. Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang disesuaikan dengan fokus penelitian, yakni mencakup kombinasi kata seperti “potensi antimikroba tanaman umbi”, “aktivitas antimikroba umbi-umbian”, serta “uji antibakteri ekstrak umbi”. Artikel yang ditemukan kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan untuk menjaga relevansi dan kualitas data yang dianalisis.

Kriteria inklusi dalam studi ini meliputi: (1) artikel yang merupakan hasil penelitian empiris, (2) diterbitkan dalam rentang waktu tujuh tahun terakhir (2018–2025), dan (3) membahas mengenai senyawa metabolit sekunder dari berbagai umbi-umbian di Indonesia serta aktivitas antimikrobanya. Sementara itu, artikel yang membahas tanaman selain umbi-umbian, tidak menyinggung metabolit sekunder (seperti flavonoid, saponin, alkaloid, dll), tidak melakukan uji aktivitas antimikroba, serta tidak tersedia secara lengkap (hanya abstrak, tidak ada akses ke teks penuh) dikeluarkan dari analisis sesuai dengan kriteria eksklusi. Dari hasil penyaringan dan seleksi literatur, diperoleh sebanyak 13 artikel yang memenuhi kriteria dan akan dijadikan sebagai dasar analisis dalam penelitian ini.

Hasil dan pembahasan

Senyawa Metabolit Sekunder pada Umbi dan Efektivitas terhadap Antimikroba

Beberapa jenis umbi-umbian yang ada di Indonesia memiliki khasiat sebagai antibakteri. Berdasarkan **Tabel 1** menunjukkan bahwa umbi-umbian memiliki berbagai bahan kimia berupa alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, kuinon, triterpenoid, steroid, glikosida, dan fenol yang berkemampuan membatasi perkembangan bakteri patogen. Aktivitas antibakteri dari ekstrak umbi-umbian diukur berdasarkan zona hambatnya.

Aktivitas antibakteri dilakukan dengan mengamati terbentuknya zona hambat, yaitu area di sekitar sampel yang bebas dari pertumbuhan bakteri. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah difusi cakram dan difusi sumuran. Bakteri yang digunakan sebagai uji coba adalah bakteri patogen yang meliputi *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Propionibacterium acnes*, isolat bakteri plak gigi, *Salmonella sp*, *Streptococcus mutans*, *Shigella sonnei*, dan *Pseudomonas aeruginosa*.

Dari berbagai literatur sebagai digunakan pada penulisan artikel ini yang ditunjukkan oleh Tabel 2, pemberian konsentrasi ekstrak yang beragam akan menghasilkan zona hambat yang beragam. Berdasarkan (Novaryatiin et al., 2018) dan Halisa et al. (2023) menyebutkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan, semakin besar zona hambat yang terbentuk. Sebaliknya, semakin sedikit konsentrasi ekstrak yang digunakan, semakin kecil zona hambat yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan kadar senyawa metabolit sekunder yang ada di dalamnya, sehingga besar kecilnya konsentrasi ekstrak yang diberikan mempengaruhi besar kecilnya kadar senyawa metabolit.

Tabel 1. Aktivitas Antibakteri Berbagai Ekstrak Umbi terhadap Jenis Bakteri Uji dan Senyawa Metabolit Sekunder

Tanaman	Bagian Tanaman	Nama Ilmiah	Metode uji bakteri	Senyawa	Bakteri	Referensi
Gadung ungu	Umbi	<i>Dioscorea alata</i>	Difusi sumuran (<i>Well diffusion method</i>)	Alkaloid, Saponin, Tanin, Kuinon, Flavonoid, dan Triterpenoid	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	(Ferissa safira <i>et al.</i> , 2021)
Lobak putih	Umbi	<i>Raphanus sativus</i> L.	Difusi kertas cakram	Alkaloid, Flavonoid, Saponin, dan Tanin	<i>Staphylococcus aureus</i>	Putri <i>et al.</i> , 2024
Bengkuang	Umbi	<i>Pachyrhizus erosus</i>	Difusi kertas cakram	alkaloid, flavonoid, glikosida, saponin dan tannin	<i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	(Suharyani sa <i>et al.</i> , 2023)

Dahlia	Umbi	<i>Dahlia variabilis</i>	Difusi kertas cakram	Flavonoid, alkaloid, steroid, tanin	<i>Stapylococcus aureus</i>	(Harnis, 2023)
Tanaman Hati Tanah	Umbi	<i>Angiopteris evecta</i>	Difusi sumuran (Cup-plate technique)	Alkaloid, Flavonoid, Tanin, Saponin, Fenol	<i>Propionibacterium acnes</i>	(Halisa et al., 2023)
Tanaman Hati Tanah	Umbi	<i>Angiotepriis Sp.</i>	Disc diffusion atau difusi kertas cakram	Flavonoid dan fenol	<i>Staphylococcus aureus</i>	(Novaryatien et al., 2018)
Ubi jalar ungu	Ubi	<i>Ipomoea batatas</i> (L.)	Difusi kertas cakram	flavonoid dan alkaloid	bakteri isolat plak gigi	(Fione & Karamoy, 2022)
Wortel	Umbi	<i>Daucus carota</i> L.	Disc diffusion atau difusi kertas cakram	Alkaloid, Flavonoid, Tanin, Saponin	<i>Streptococcus mutans</i>	(Putri et al., 2023)

Ginseng Jawa	Umbi	<i>Talinum paniculatum</i>	Difusi cakram (Kirby Bauer)	Flavonoid dan Steroid	<i>Shigella sonnei</i>	(Laili Fitri <i>et al.</i> , 2022)
Tanaman akar batu	Umbi	<i>Coccinia grandis</i> L.Voight	Difusi sumuran	Flavonoid, Alkaloid, Saponin, Tanin	<i>Salmonella sp</i>	(Rukmana <i>et al.</i> , 2020)
Paku atai merah	Umbi	<i>Angiopteris ferox</i> Copel	Difusi kerta cakram	Alkaloid, Flavonoid, Tanin, Saponin, Steroid	<i>Propionibacterium acnes</i>	(Sundu <i>et al.</i> , 2018)
Gadung	Umbi	<i>Dioscorea hispida</i> Dennst.	Disc diffusion	Fenol	<i>Propionibacterium acnes</i>	(Susanti & Mardianingrum, 2020)
Porang		<i>Amorphophallus muelleri</i> Blume		Alkaloid		
Suweg		<i>Amorphophallus paeoniifolius</i>		Alkaloid		
	Umbi		difusi sumur (well diffusion method)		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	(Erlina & Muhtadi, 2021)
Iles-Iles		<i>Amorphophallus oncophyllus</i>		Alkaloid dan Saponin		
Walur		<i>Amorphophallus campanulatus</i>		Alkaloid, Saponin, Flavonoid		

Dari **Tabel 1** dapat diketahui bahwa konsentrasi 100% jus umbi gadung ungu mempunyai daya hambat paling tinggi terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* (14,15 mm) dan *Staphylococcus aureus* (16,92 mm). Berdasarkan uji fitokimia, senyawa metabolit sekunder pada jus umbi gadung ungu adalah alkaloid, saponin, tanin, kuinon, flavonoid dan triterpenoid (Ferissa et al., 2021). Semakin tinggi konsentrasi jus umbi gadung ungu, maka semakin meningkat senyawa kimia yang terkandung didalamnya sehingga kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri juga semakin besar. Pada umbi lobak putih kandungan kimia yang dapat menghambat bakteri yaitu alkaloid, saponin, flavonoid dan tannin. Hasil penelitian (Putri et al., 2024) menunjukkan bahwa ekstrak etanol (40 mg/mL) dan fraksi etil asetat umbi lobak putih (40 mg/mL) dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan kekuatan daya hambat yang lemah (9,25 mm dan 8,5 mm). Hal tersebut terjadi diduga karena tingkat purifikasi yang rendah pada ekstrak sehingga konsentrasi senyawa aktif lebih kecil dari perlakuan kontrol (antibiotik kloramfenikol) untuk kadar yang sama.

Dari hasil uji fitokimia, umbi bengkuang mempunyai senyawa metabolit sekunder berupa alkaloid, saponin, flavonoid, glikosida dan tannin. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol umbi bengkuang konsentrasi tertinggi (50%) mempunyai daya hambat sedang terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus epidermis* (13,3 mm) dan *Staphylococcus aureus* (13,21 mm) (Suharyanisa et al., 2023). Sama halnya dengan skrining fitokimia umbi dahlia, senyawa flavonoid, alkaloid, saponin dan tanin menunjukkan hasil positif yang terkandung didalam umbi tersebut. Adapun uji aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* pada ekstrak etanol umbi dahlia dengan konsentrasi tertinggi (8%) mampu menghasilkan zona hambat tertinggi yaitu 19,73 mm (Harnis, 2023).

Umbi hati tanah yang merupakan tanaman obat tradisional dari Palangkaraya mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, tanin dan fenol. Kelima senyawa tersebut memberikan respon positif dalam skrining fitokimia. Aktivitas antibakteri ekstrak metanol umbi hati tanah terhadap bakteri *Propionibacterium acnes* memiliki zona hambat tertinggi yaitu 8,61 mm (kategori sedang) pada konsentrasi tertinggi (15%) (Halisa et al., 2023). Berbeda dengan penelitian Novaryatiin et al. (2018) ekstrak etanol umbi hati tanah mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* sebesar 28,4 mm dengan konsentrasi yang sama. Menurut Novaryatiin et al. (2018), semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan maka semakin besar zona hambat yang terbentuk.

Pada ubi jalar ungu dilakukan ekstraksi (etanol) dan fraksinasi (n-heksan, etil asetat, n-butanol, air) untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder yang terkandung yaitu flavonoid dan alkaloid. Uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri isolat plak gigi menghasilkan zona daya hambat sedang (5-10 mm). Perlakuan ekstraksi (etanol) dan fraksinasi (etil asetat, n-butanol) memperoleh hasil maksimal (6,95 mm; 6,51 mm dan 6,38 mm) pada konsentrasi tertinggi (300 mg/ml) (Fione dan Karamoy, 2022). Sama dengan umbi wortel pada penelitian Putri et al. (2023) aktivitas antibakteri ekstrak etanol dan aseton terhadap *Streptococcus mutans* juga menunjukkan zona hambat sedang (6,83 mm dan 6,33 mm) pada konsentrasi tertinggi (100%). Adapun senyawa metabolit sekunder yang berperan dalam aktivitas antibakteri umbi wortel adalah alkaloid, flavonoid, saponin dan tanin.

Dari **Tabel 1**, uji fitokimia pada ekstrak etanol umbi ginseng jawa terdapat senyawa metabolit sekunder yaitu flavonoid dan steroid. Namun, aktivitas antibakterinya terhadap *Shigella sonnei* menunjukkan hasil lebih rendah (0,5 mm) jika dibandingkan dengan bagian batang (3 mm) dan daun (4,25 mm) pada konsentrasi tertinggi (100%) (Yeni et al., 2022). Berbeda dengan ekstrak etanol umbi akar batu yang mempunyai zona hambat kuat (15,66 mm) dalam respon aktivitas antibakterinya terhadap *Salmonella sp.* Umbi akar batu mempunyai senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid,

alkaloid, saponin dan tanin. Pada ekstrak etanol umbi paku atai merah, uji antibakteri terhadap *Propionibacterium acnes* memperoleh zona hambat kuat (11,05 mm) pada konsentrasi 60%. Metabolit sekunder yang ditemukan pada umbi ini adalah alkaloid, flavonoid, saponin, tanin dan steroid (Sundu et al., 2018).

Zona hambat pada umbi gadung diteliti untuk mengetahui potensi antibakterinya terhadap *Propionibacterium acnes*. Ekstrak etanol umbi gadung dan kulitnya mempunyai zona hambat yang sama yaitu 10 mm. Adapun metabolit sekunder yang bermanfaat sebagai antimikroba adalah senyawa fenol (Susanti & Mardianingrum, 2020). Selain itu, dalam penelitian Erlina & Muhtadi (2021), umbi porang, suweg dan walur mempunyai zona hambat yang lebih tinggi (15,6; 17,3 dan 18 mm) sebagai respon antibakteri terhadap *Pseudomonas aeruginosa*. Sedangkan umbi iles-iles mempunyai zona hambat lebih rendah (6 mm) pada konsentrasi yang sama (7%). Hasil uji fitokimia ekstrak etanol umbi porang dan suweg mengandung senyawa alkaloid, iles-iles terdapat alkaloid dan saponin, sedangkan walur mempunyai metabolit sekunder berupa alkaloid, flavonoid dan saponin.

Konsentrasi Optimal Metabolit Sekunder dan Metode Evaluasi Aktivitas Antimikroba

Tingkat kekuatan zona hambat terhadap bakteri dapat diklasifikasikan berdasarkan ukurannya, yaitu: diameter kurang dari 5 mm termasuk kategori lemah, 5–10 mm termasuk kategori sedang, 10–20 mm termasuk kategori kuat, dan lebih dari 20 mm termasuk kategori sangat kuat. Hasil pengujian aktivitas antimikroba pada **Tabel 2** menunjukkan variasi yang signifikan bergantung pada jenis bakteri maupun konsentrasi ekstrak yang digunakan. Perbedaan aktivitas tersebut dipengaruhi oleh komposisi fitokimia, metode uji, dan jenis pelarut. Daya hambat paling tinggi dan termasuk kategori "sangat kuat" ditunjukkan pada ekstrak etanol *Angiopteris sp.* (tanaman hati tanah) dengan konsentrasi 15%, menghasilkan ZOI (Zone of Inhibition) sebesar 28,4 mm terhadap *Staphylococcus aureus* menggunakan metode difusi kertas cakram.

Flavonoid menghambat proliferasi permbelahan pada sel bakteri dengan cara mengikat protein pada mikrotubulus sehingga menghambat mitosis. Fenol berperan mendenaturasi protein dinding sel yang menyebabkan lisis, memungkinkan fenol masuk ke sitoplasma dan mempengaruhi tingginya zona hambat (Novaryatiin et al., 2018). Hasil pengujian pada **Gambar 1**, ZOI paling rendah dan termasuk dalam kategori "lemah" ditunjukkan pada ekstrak umbi *Talinum paniculatum* (ginseng jawa) dengan konsentrasi 50% dan 75%, menghasilkan ZOI masing-masing 0 mm dan 0,2 mm terhadap *Shigella sonnei* menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer. Respons ini menunjukkan efektivitas antimikroba sangat kecil yang disebabkan rendahnya kelarutan senyawa flavonoid dan steroid atau resistensi bakteri terhadap senyawa tersebut. Selain itu, ekstrak *Dioscorea alata* sebesar 25% tidak menunjukkan zona hambat terhadap *Escherichia coli*, karena konsentrasi senyawa aktif yang rendah atau ketidakcocokan metode pengujian dengan jenis ekstrak.

Tabel 2. Konsentrasi, Zona hambat dan Kategori Respon Hambat Sampel

Konsentrasi Sampel	Rata-rata Diameter Zona Hambat (mm)	Kategori Respon Hambatan
Jus umbi gadung ungu 25 %	0,00	Tidak ada daya hambat
Jus umbi gadung ungu 50 %	11,02	Kuat

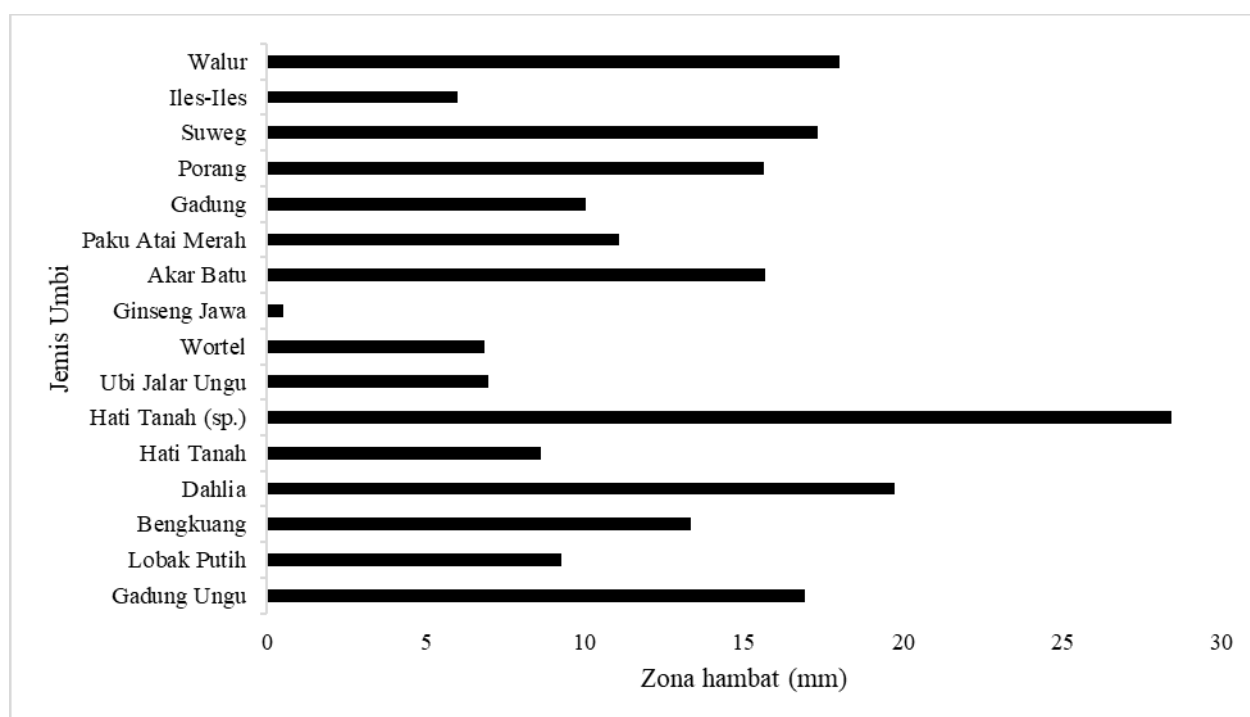
Jus umbi gadung ungu 100 %	14,15	Kuat
Jus umbi gadung ungu 25 %	7,92	Sedang
Jus umbi gadung ungu 50 %	11,52	Kuat
Jus umbi gadung ungu 100 %	16,20	Kuat
Ekstrak etanol umbi lobak putih 100 mg/mL	6,76	Sedang
Ekstrak etanol umbi lobak putih 80 mg/mL	6,75	Sedang
Ekstrak etanol umbi lobak putih 60 mg/mL	7,25	Sedang
Ekstrak etanol umbi lobak putih 40 mg/mL	9,25	Sedang
Ekstrak etanol umbi lobak putih 20 mg/mL	9,00	Sedang
Fraksi Etil asetat umbi lobak putih 100 mg/mL	7,00	Sedang
Fraksi Etil asetat umbi lobak putih 80 mg/mL	7,00	Sedang
Fraksi Etil asetat umbi lobak putih 60 mg/mL	7,50	Sedang
Fraksi Etil asetat umbi lobak putih 40 mg/mL	8,50	Sedang
Fraksi Etil asetat umbi lobak putih 20 mg/mL	8,00	Sedang
Ekstrak etanol bengkuang 10 %	7,70	Sedang
Ekstrak etanol bengkuang 20 %	8,13	Sedang
Ekstrak etanol bengkuang 30 %	8,34	Sedang
Ekstrak etanol bengkuang 40 %	10,40	Kuat

Ekstrak etanol bengkuang 50 %	13,30	Kuat
Ekstrak etanol bengkuang 10 %	7,33	Sedang
Ekstrak etanol bengkuang 20 %	7,45	Sedang
Ekstrak etanol bengkuang 30 %	8,33	Sedang
Ekstrak etanol bengkuang 40 %	11,46	Kuat
Ekstrak etanol bengkuang 50 %	13,21	Kuat
Ekstrak etanol umbi dahlia 4 %	17,06	Kuat
Ekstrak etanol umbi dahlia 6 %	18,13	Kuat
Ekstrak etanol umbi dahlia 8 %	19,73	Kuat
Ekstrak metanol umbi hati tanah 1 %	2,38	Lemah
Ekstrak metanol umbi hati tanah 5 %	4,09	Lemah
Ekstrak metanol umbi hati tanah 10 %	6,05	Sedang
Ekstrak metanol umbi hati tanah 15 %	8,61	Sedang
Ekstrak etanol umbi hati tanah 1 %	15,65	Kuat
Ekstrak etanol umbi hati tanah 5 %	16,97	Kuat
Ekstrak etanol umbi hati tanah 10 %	25,43	Sangat Kuat
Ekstrak etanol umbi hati tanah 15 %	28,4	Sangat Kuat
Ekstrak etanol ubi jalar ungu 75 mg/ml	6,12	Sedang

Ekstrak etanol ubi jalar ungu 150 mg/ml	6,60	Sedang
Ekstrak etanol ubi jalar ungu 300 mg/ml	6,95	Sedang
Fraksi etil asetat ubi jalar ungu 75 mg/ml	6,18	Sedang
Fraksi etil asetat ubi jalar ungu 150 mg/ml	6,28	Sedang
Fraksi etil asetat ubi jalar ungu 300 mg/ml	6,51	Sedang
Fraksi n-Butanol ubi jalar ungu 75 mg/ml	0,00	Tidak ada daya hambat
Fraksi n-Butanol ubi jalar ungu 150 mg/ml	6,20	Sedang
Fraksi n-Butanol ubi jalar ungu 300 mg/ml	6,38	Sedang
Ekstrak etanol umbi wortel 25 %	2,33	Lemah
Ekstrak etanol umbi wortel 50 %	4,63	Lemah
Ekstrak etanol umbi wortel 75 %	6,30	Sedang
Ekstrak etanol umbi wortel 100 %	6,83	Sedang
Ekstrak aseton umbi wortel 25 %	0,00	Tidak ada daya hambat
Ekstrak aseton umbi wortel 50 %	4,63	Lemah
Ekstrak aseton umbi wortel 75 %	5,76	Sedang
Ekstrak aseton umbi wortel 100 %	6,33	Sedang
Ekstrak umbi gingseng jawa 50 %	0,00	Tidak ada daya hambat

Ekstrak umbi gingseng jawa 75 %	0,20	Lemah
Ekstrak umbi gingseng jawa 100 %	0,50	Lemah
Ekstrak etanolik umbi akar batu 1 g/ml	10,33	Kuat
Ekstrak etanolik umbi akar batu 2 g/ml	11,66	Kuat
Ekstrak etanolik umbi akar batu 3 g/ml	13,66	Kuat
Ekstrak etanolik umbi akar batu 4 g/ml	15,66	Kuat
Ekstrak etanol umbi paku atai merah 20 %	6,83	Sedang
Ekstrak etanol umbi paku atai merah 40 %	8,33	Sedang
Ekstrak etanol umbi paku atai merah 60 %	11,05	Kuat
Ekstrak etanol umbi paku atai merah 80 %	8,25	Sedang
Ekstrak metanol kulit gadung	10,00	Kuat
Ekstrak metanol daging gadung	10,00	Kuat
Ekstrak umbi porang 7 %	15,6	Kuat
Ekstrak umbi porang 5 %	11,30	Kuat
Ekstrak umbi porang 3 %	7,60	Sedang
Ekstrak suweg 7 %	17,30	Kuat
Ekstrak suweg 5 %	9,60	Sedang
Ekstrak suweg 3 %	6,60	Sedang

Ekstrak iles-iles 7 %	6,00	Sedang
Ekstrak iles-iles 5 %	6,00	Sedang
Ekstrak iles-iles 3 %	6,00	Sedang
Ekstrak walur 7 %	18,00	Kuat
Ekstrak walur 5 %	15,60	Kuat
Ekstrak walur 3 %	11,00	Kuat



Gambar 1. Jenis Tanaman dengan Aktivitas Antibakteri Tertinggi

Secara umum konsentrasi ekstrak pada umbi berkorelasi positif dengan diameter ZOI. *Dioscorea alata* pada konsentrasi ekstrak 25 % dengan diameter ZOI 7,92 mm, mengalami kenaikan menjadi 16,92 mm pada konsentrasi ekstrak 100% (Safira & Murina, 2022). Pola yang sama ditunjukkan *Pachyrhizus erosus* dan *Amorphophallus campanulatus* dimana konsentrasi tinggi memiliki daya hambat kuat (Erlina & Muhtadi, 2021; Suharyanisa et al., 2023). Keadaan tersebut selaras dengan prinsip farmakodinamik dimana peningkatan jumlah senyawa aktif akan memperbesar peluang interaksi dengan sel bakteri target.

Tanaman dengan komposisi metabolit sekunder yang lebih kompleks, seperti *Dioscorea alata* dengan kandungan alkaloid, saponin, tanin, kuinon, flavonoid, dan triterpenoid cenderung memiliki daya hambat lebih tinggi dibanding tanaman dengan komposisi metabolit sekunder sederhana. *Amorphophallus campanulatus* menunjukkan potensi yang menonjol dengan ZOI mencapai 18 mm

pada konsentrasi 7 %. Sedangkan *Raphanus sativus* L. menunjukkan zona hambat yang sempit dengan kategori lemah meskipun konsentrasinya 100 % (Mega Erlina & Muhtadi, 2021; Putri et al., 2024). Hal ini menjelaskan potensi antibakteri tidak hanya dipengaruhi jumlah senyawa metabolit sekunder, namun juga dipengaruhi oleh sifat bioaktif dan kemampuannya berdifusi pada dinding sel bakteri.

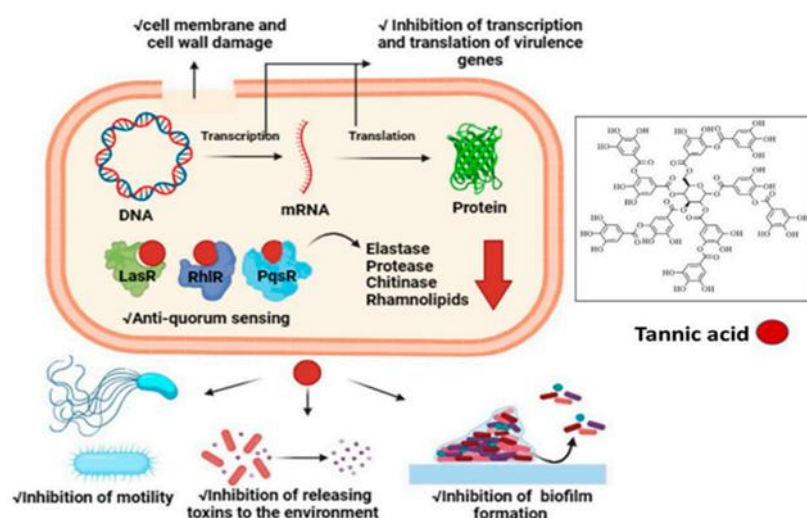
Kemampuan difusi ekstrak juga dipengaruhi oleh jenis bakteri. **Gambar 1** menunjukkan ekstrak umbi gadung *Dioscorea alata* memiliki ZOI terhadap *S. aureus* (Gram positif) lebih besar dibanding *E. coli* (Gram negatif). Hal tersebut disebabkan dinding sel Gram negatif lebih kompleks dengan lapisan lipopolisakarida, sehingga sulit ditembus oleh senyawa metabolit sekunder. Sebaliknya, Grampositif ber dinding sederhana sehingga ekstrak mudah berdifusi (Nurhayati et al., 2020).

Metode difusi sumuran (well diffusion) umumnya menghasilkan zona hambat yang lebih besar pada ekstrak cair *Dioscorea alata*, *Coccinia grandis*, *Amorphophallus spp.* Besarnya zona hambat disebabkan oleh volume sampel yang lebih besar pada sumuran sehingga senyawa aktif dapat berdifusi lebih merata ke dalam medium agar, menghasilkan konsentrasi efektif yang lebih tinggi untuk menghambat pertumbuhan bakteri (Nurhayati et al., 2020). Sebaliknya, metode difusi kertas cakram (disc diffusion) cenderung konservatif dalam estimasi potensi karena dibatasi oleh kapasitas adsorpsi cakram dan sifat difusi senyawa pada media padat. Hal ini terlihat pada wortel (*Daucus carota* L.) dimana aktivitas terhadap *S. mutans* hanya masuk kategori sedang pada $\geq 75\%$ ekstrak etanol, sementara ekstrak aseton 25% tidak menunjukkan daya hambat sama sekali.

Skema Hambat Antimikroba

Umbi-umbian diketahui mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, saponin, tanin, kuinon, flavonoid, triterpenoid, steroid, glikosida, dan fenol. Senyawa-senyawa ini berperan penting dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen, dengan mekanisme kerja yang bervariasi tergantung pada jenis senyawanya. Sebagai contoh, alkaloid memiliki sifat antibakteri dengan menghambat pembentukan peptidoglikan, yaitu komponen penting penyusun dinding sel bakteri. Dinding sel yang tidak terbentuk sempurna membuat sel bakteri lebih rentan terhadap tekanan osmotik dan kerusakan mekanis yang menyebabkan terjadinya lisis (pecahnya sel). Selain itu, alkaloid juga dapat menghambat proses sintesis protein, sehingga mengganggu fungsi metabolisme bakteri (Halisa et al., 2023).

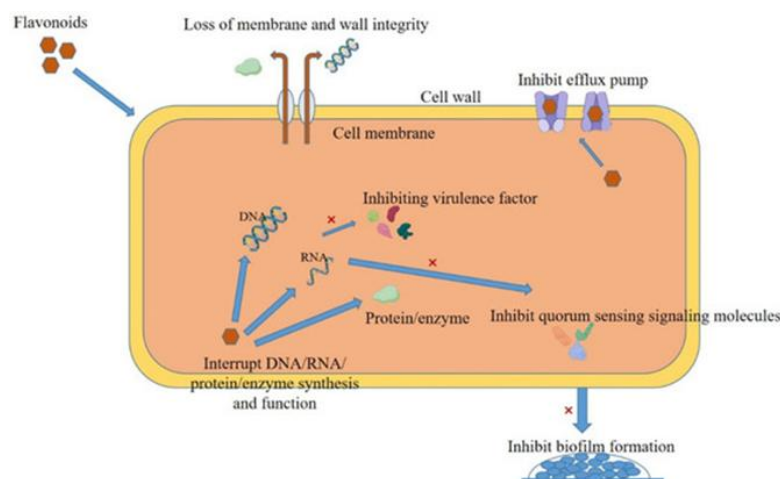
Saponin merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang banyak ditemukan pada tanaman dengan karakteristik utama berupa kemampuan membentuk busa serta mengandung aglikon polisiklik yang terikat pada satu atau lebih gugus gula (Suleman et al., 2022). Mekanisme kerja saponin sebagai antibakteri didasarkan pada kemampuannya mengganggu permeabilitas membran luar sel bakteri. Pada bakteri Gram negatif, sekitar 90% permukaan membran luar dinding sel yang tidak mengandung kolesterol alami tersusun atas lipopolisakarida (LPS). Saponin dapat berinteraksi dengan komponen lipid A dari LPS, sehingga meningkatkan permeabilitas dinding sel bakteri melalui mekanisme yang mirip dengan kerja detergen (Cankaya & Somuncuoglu, 2021). Meningkatnya permeabilitas dinding sel bakteri menyebabkan terganggunya regulasi transportasi zat masuk dan keluar sel. Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan homeostatis, terganggunya metabolisme, bahkan kematian sel akibat pecahnya membran (lisis).



Gambar 2. Mekanisme Antibakteri Tanin Terhadap *Pseudomonas aeruginosa* (Nouh et al., 2024)

Tannin merupakan senyawa polifenol kompleks yang secara alami ditemukan pada hampir semua jenis tanaman. Senyawa ini diketahui memiliki berbagai aktivitas farmakologis, salah satunya sebagai antibakteri. Aktivitas antibakteri tanin bekerja melalui beberapa mekanisme, antara lain dengan menghambat aktivitas enzim DNA topoisomerase dan reverse transkriptase yang berperan penting dalam replikasi dan transkripsi DNA bakteri, sehingga mengganggu pertumbuhan dan perkembangan bakteri (Sunani & Hendriani, 2023). Selain itu, tanin juga dapat mengganggu sintesis dinding sel bakteri, sehingga menyebabkan lisis (pecahnya sel) bakteri (Halisa et al., 2023).

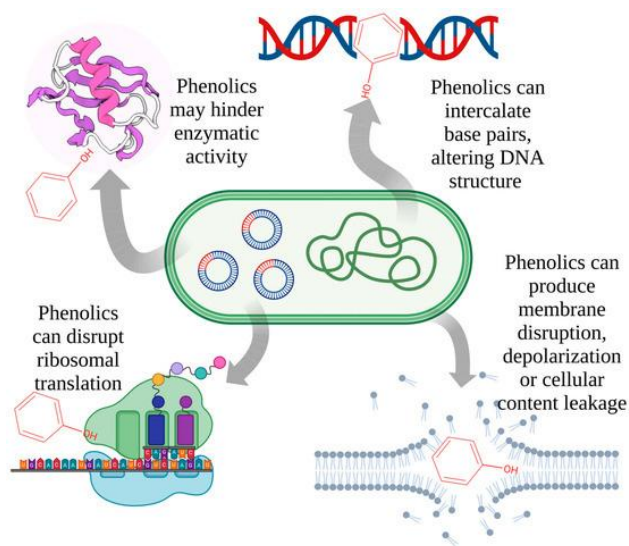
Kuinon merupakan metabolit sekunder yang umumnya ditemukan pada tumbuhan. Kuinon merupakan sumber radikal bebas yang stabil dan dapat berikatan secara irreversibel dengan asam amino nukleofilik pada protein. Proses ini menyebabkan protein kehilangan fungsinya karena terinaktivasi. Kemampuan tersebut menjadikan kuinon sebagai antimikroba yang kuat. Targetnya dalam sel mikroba adalah adhesin yang terpapar di permukaan, polipeptida dinding sel, dan enzim yang terikat pada membran sel. Selain itu, kuinon juga dapat menyebabkan tidak tersedianya substrat bagi mikroorganisme (Cowan, 1999).



Gambar 3. Mekanisme Antibakteri Flavonoid (Zhang et al., 2025)

Mekanisme kerja flavonoid sebagai antibakteri yaitu dengan cara mengganggu berbagai proses vital dalam sel bakteri, seperti menghambat kerja enzim, mengganggu metabolisme energi, merusak fungsi membran sitoplasma dan porin pada membran sel, serta mengganggu sintesis asam nukleat. Flavonoid juga mencegah mikroba menempel dan membentuk biofilm, serta memodifikasi permeabilitas membran sel (Kusuma, 2024). Senyawa aktif triterpenoid memiliki aktivitas antibakteri dengan bereaksi terhadap porin, yaitu protein transmembran pada membran luar dinding sel bakteri. Interaksi ini membentuk ikatan polimer yang kuat sehingga menyebabkan kerusakan struktur porin yang merupakan pintu keluar masuknya molekul ke dalam sel bakteri. Rusaknya struktur porin dapat mengganggu keseimbangan sel yang menyebabkan kematian sel (Cowan, 1999).

Steroid bekerja sebagai antibakteri melalui mekanisme yang melibatkan interaksi dengan membran lipid. Sensitivitas membran terhadap komponen steroid dapat menyebabkan kebocoran pada struktur liposom. Steroid memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan membran fosfolipid sel yang bersifat permeabel terhadap senyawa lipofilik. Interaksi ini dapat menurunkan integritas membran dan mengubah struktur morfologinya, sehingga sel menjadi lebih rentan, rapuh, dan akhirnya mengalami lisis (Widowati et al., 2023). Menurut Widowati et al. (2022), mekanisme kerja senyawa glikosida sebagai agen antibakteri melibatkan kemampuan senyawa tersebut dalam menembus dinding sel bakteri. Senyawa glikosida yang berhasil masuk ke dalam dinding sel dapat mengganggu stabilitas struktur serta kerusakan pada dinding sel. Kerusakan dinding sel berdampak pada terganggunya fungsi vital sel yang berujung pada kematian sel bakteri.



Gambar 4. Mekanisme Potensial Interaksi Fenolik dengan Sel Bakteri (Lobiuc *et al.*, 2023)

Fenol bekerja sebagai senyawa antibakteri dengan cara mendenaturasi dan mengumpalkan protein pada sel bakteri. Denaturasi protein dapat mengganggu aktivitas metabolisme sel, karena protein berperan penting sebagai katalis berbagai reaksi kimia di dalam sel (Halisa et al., 2023).

Kesimpulan

Senyawa aktif yang menunjukkan penghambatan terhadap bakteri dapat diekstraksi dengan berbagai macam metode, misalnya dengan cara membuat jus umbi, ekstraksi etanol, metanol, dan aseton. Ekstrak metanol 15% umbi tanaman hati tanah (*Angiotepriis sp.*) yang mengandung senyawa flavonoid dan fenol menunjukkan diameter zona penghambatan terbaik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* seluas 28,4 mm. Penelitian tentang penghambatan bakteri merupakan subjek yang masih sedikit dipelajari dan dapat dikembangkan lebih jauh pada beragam tanaman yang bersifat antimikroba, variasi metode ekstraksi, jenis bakteri yang ditarget untuk dihambat pertumbuhannya, dan jenis senyawa aktif yang terkandung dalam beberapa bagian tanaman.

Ucapan terima kasih

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kolega akademik yang telah memberikan wawasan, diskusi, dan masukan berharga selama penyusunan artikel review ini. Kami juga mengapresiasi institusi yang menyediakan akses ke sumber literatur dan fasilitas pendukung. Penelitian ini tidak didukung oleh pendanaan eksternal, dan semua biaya ditanggung secara mandiri oleh tim penulis.

Daftar pustaka

- Al-Khayri, J. M., Rashmi, R., Toppo, V., Chole, P. B., Banadka, A., Sudheer, W. N., Nagella, P., Shehata, W. F., Al-Mssallem, M. Q., Alessa, F. M., Almaghasla, M. I., & Rezk, A. A.-S. (2023). Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolites*, 13(6), 716. <https://doi.org/10.3390/metabo13060716>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Cankaya, I. I. T., & Somuncuoglu, E. I. (2021). Potential and Prophylactic Use of Plants Containing Saponin-Type Compounds as Antibiofilm Agents against Respiratory Tract Infections. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2021/6814215>
- Chinemerem Nwobodo, D., Ugwu, M. C., Oliseloke Anie, C., Al-Ouqaili, M. T. S., Chinedu Ikem, J., Victor Chigozie, U., & Saki, M. (2022). Antibiotic resistance: The challenges and some emerging strategies for tackling a global menace. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36(9). <https://doi.org/10.1002/jcla.24655>
- Cowan, M. M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564>
- Erlina, M., & Muhtadi. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Umbi Porang (*Amorphophallus Muelleriblume*), Suweg (*Amorphophallus Paeoniifolius*), Iles-Iles (*Amorphophallus Oncophyllus*) dan Walur (*Amorphophallus Campanulatus*) terhadap *Pseudomonas Aeruginosa*. *Prosiding University Research Colloquium*, 622–631.
- Ferissa safira, Munira, & Rasidah. (2021). Aktivitas Antibakteri Jus Umbi Gadung Ungu (*Dioscorea alata*) Terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal JIFS*, 1(2), 89–97.
- Fione, V. R., & Karamoy, Y. (2022). Uji Efektivitas Anti Bakteri Ekstrak Dan Fraksi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas L*) pada Bakteri Isolat Plak Gigi (In Vivo). In *E-PROSIDING Seminar Nasional*, 1(2), 22–35.

- Fitri Kusuma, S. A.-. (2024). Inhibition Of Leaf Extract of Rubber Plant Against Enterobacteriaceae Isolated from Drinking Water Refill. Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology, 11(3), 371–381. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v11i3.53891>
- Halisa, H., Sari, P. K., & Wahyuni, S. (2023). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Umbi Hati Tanah (*Angiopteris evecta*) Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes* Menggunakan Metode Sumuran. Jurnal Surya Medika, 9(3), 108–117. <https://doi.org/10.33084/jsm.v9i3.6475>
- Harnis, Z. E. (2023). Formulasi Sediaan Gel Ekstrak Etanol Umbi Dahlia (*Dahlia Variabilis*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus* Penyebab Infeksi Kulit. Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal, 5(2), 175–192. <https://doi.org/10.36656/jpfh.v5i2.1214>
- Keita, K., Darkoh, C., & Okafor, F. (2022). Secondary plant metabolites as potent drug candidates against antimicrobial-resistant pathogens. SN Applied Sciences, 4(8), 209. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05084-y>
- Laili Fitri, Y., Chaerani, Junika Mandasari, Nury Kamelia, & DindaTriana. (2022). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol *Talinum paniculatum* Lokal Kalimantan Barat terhadap *Shigella sonnei*. Jurnal Pendidikan Dan Biologi, 14(1), 51–58.
- Lobiuc, A., Pavăl, N.-E., Mangalagiu, I. I., Gheorghită, R., Teliban, G.-C., Amăriucăi-Mantu, D., & Stoleru, V. (2023). Future Antimicrobials: Natural and Functionalized Phenolics. Molecules, 28(3), 1114. <https://doi.org/10.3390/molecules28031114>
- Mare, A. D., Ciurea, C. N., Man, A., Tudor, B., Moldovan, V., Decean, L., & Toma, F. (2021). Enteropathogenic *Escherichia coli*—A Summary of the Literature. Gastroenterology Insights, 12(1), 28–40. <https://doi.org/10.3390/gastroent12010004>
- Mohammed, S. E., Hamid, O. M., Sababil, S. A., Mushal, A., & Elhussein, A. M. (2023). Prevalence of Multidrug-Resistant, Extensively Drug-Resistant and Pandrug-Resistant Clinical Isolates in Khartoum State, Sudan. American Journal of Infectious Diseases and Microbiology, 11(1), 1–7. <https://doi.org/10.12691/ajidm-11-1-1>
- Nouh, H. S., El-Zawawy, N. A., Halawa, M., Shalamesh, E. M., Ali, S. S., Korbecka-Glinka, G., Shala, A. Y., & El-Sapagh, S. (2024). Endophytic *Penicillium oxalicum* AUMC 14898 from *Opuntia ficus-indica*: A Novel Source of Tannic Acid Inhibiting Virulence and Quorum Sensing of Extensively Drug-Resistant *Pseudomonas aeruginosa*. International Journal of Molecular Sciences, 25(20), 11115. <https://doi.org/10.3390/ijms252011115>
- Novaryatiin, S., Handayani, R., & Chairunnisa, R. (2018). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Umbi Hati Tanah (*Angiotepis Sp.*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. Jurnal Surya Medika, 3(2), 23–31. <https://doi.org/10.33084/jsm.v3i2.93>
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. Jurnal Teknologi Hasil Peternakan, 1(2), 41. <https://doi.org/10.24198/jthp.v1i2.27537>
- O'Neill, A., Alesa, S. A., & Proano, L. (2024). Salmonella (Salmonellosis and Typhoid Fever) Attack. In Ciottone's Disaster Medicine (pp. 772–774). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-80932-0.00134-8>
- Putri, B. T., Chusniasih, D., & Nofita, N. (2023). Perbandingan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol dan Aseton Umbi Wortel (*Daucus Carota L.*) terhadap *Streptococcus Mutans* Secara In Vitro. Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan, 9(4), 1190–1197. <https://doi.org/10.33024/jikk.v9i4.8600>
- Putri, N. J., Lestari, D., Rahayu, A. P., Tugon, T. D. A., & Syaputri, F. N. (2024). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Dan Fraksi Umbi Lobak Putih (*Raphanus Sativus L.*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus* Secara In Vitro. Cendekia Journal of Pharmacy, 8(1), 28–40. <https://doi.org/10.31596/cjp.v8i1.269>

- Rukmana, R. M., Nugroho, R. B., & Wisnumurti, D. A. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanolik Umbi Akar Batu (*Coccinia Grandis* L.Voight) terhadap Bakteri *Salmonella* Sp. Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi, 6(2), 133–140. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v6i2.8390>
- Salam, Md. A., Al-Amin, Md. Y., Salam, M. T., Pawar, J. S., Akhter, N., Rabaan, A. A., & Alqumber, M. A. A. (2023). Antimicrobial Resistance: A Growing Serious Threat for Global Public Health. *Healthcare*, 11(13), 1946. <https://doi.org/10.3390/healthcare11131946>
- Suharyanisa, S., Roslianizar, S., & Harefa, M. (2023). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Bengkuang (*Pachyrhizus Erosus*) terhadap *Staphylococcus Epidermidis* dan *Staphylococcus Aureus*. *JURNAL FARMANESIA*, 10(2), 31–37. <https://doi.org/10.51544/jf.v10i2.4594>
- Suleman, I. F., Sulistijowati, R., Manteu, S. H., & Nento, W. R. (2022). Identifikasi Senyawa Saponin Dan Antioksidan Ekstrak Daun Lamun (*Thalassia hemprichii*). *Jambura Fish Processing Journal*, 4(2), 94–102. <https://doi.org/10.37905/jfpj.v4i2.15213>
- Sunani, S., & Hendriani, R. (2023). Review Jurnal : Klasifikasi dan Aktivitas Farmakologi dari Senyawa Aktif Tanin. *Indonesian Journal of Biological Pharmacy*, 3(2), 130. <https://doi.org/10.24198/ijbp.v3i2.44297>
- Sundu, R., Sapri, & Handayani, F. (2018). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Umbi Paku Atai Merah (*Angiopteris Ferox* Copel) terhadap *Propionibacterium Acnes*. *Jurnal Medical Sains*, 2(2), 75–82.
- Susanti, S., & Mardianingrum, R. (2020). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Umbi Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst.) terhadap Bakteri Penyebab Jerawat *Propionibacterium Acnes*. *Jurnal Farmagazine*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.47653/farm.v7i1.151>
- Twaij, B. M., & Hasan, Md. N. (2022). Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources: Types, Synthesis, and Their Therapeutic Uses. *International Journal of Plant Biology*, 13(1), 4–14. <https://doi.org/10.3390/ijpb13010003>
- Widowati, R., Ramdani, M. F., & Handayani, S. (2023). Senyawa Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Lerak (*Sapindus rarak*) terhadap Tiga Bakteri Penyebab Infeksi Nosokomial. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 13(3).
- Wilson, M., & Wilson, P. J. K. (2021). Gastroenteritis Due to *Salmonella*. In *Close Encounters of the Microbial Kind* (pp. 451–461). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56978-5_33
- Zhang, Z., Cao, M., Shang, Z., Xu, J., Chen, X., Zhu, Z., Wang, W., Wei, X., Zhou, X., Bai, Y., & Zhang, J. (2025). Research Progress on the Antibacterial Activity of Natural Flavonoids. *Antibiotics*, 14(4), 334. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14040334>.